

# **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ**

# Основы теории

**Источники преобразуют различные виды энергии в электромагнитную энергию.**

**Потребители преобразуют электромагнитную энергию в различные виды энергии.**

**Накопители накапливают электромагнитную энергию в электрическом и магнитном полях.**

**При постоянном токе  
индуктивный элемент является  
«закороткой».**

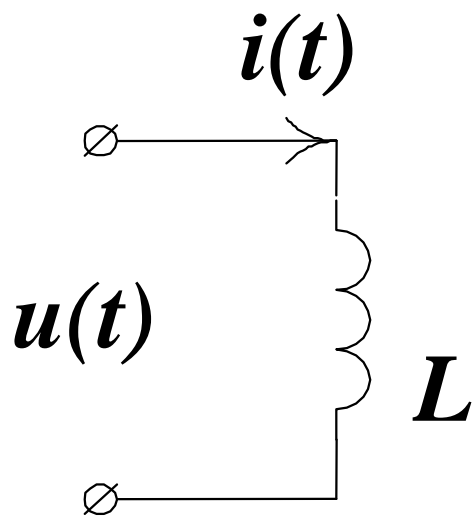
**При постоянном напряжении  
емкостный элемент является  
«разрывом».**

**Синусоидальный ток линейного резистивного элемента совпадает по фазе со своим напряжением.**

**Синусоидальный ток линейного индуктивного элемента отстает по фазе от своего напряжения на 90 градусов.**

**Синусоидальный ток линейного емкостного элемента опережает по фазе своё напряжение на 90 градусов.**

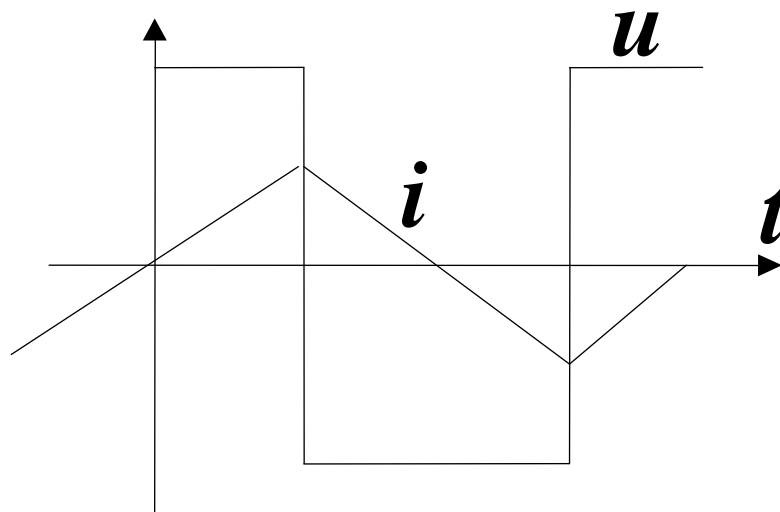
**Для линейного индуктивного  
элемента укажите номер варианта  
верной взаимосвязи напряжения и  
тока:**



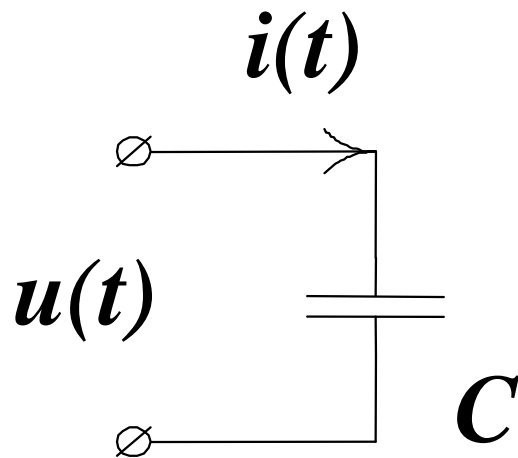
$$i(t) = \frac{1}{L} \cdot \int u(t) dt.$$

$$\underline{U} = j\omega L \cdot \underline{I}.$$

**Укажите номер варианта с  
верными графиками зависимостей  
напряжения и тока линейного  
индуктивного элемента:**



**Для линейного емкостного  
элемента укажите номер варианта  
верной взаимосвязи напряжения и  
тока:**

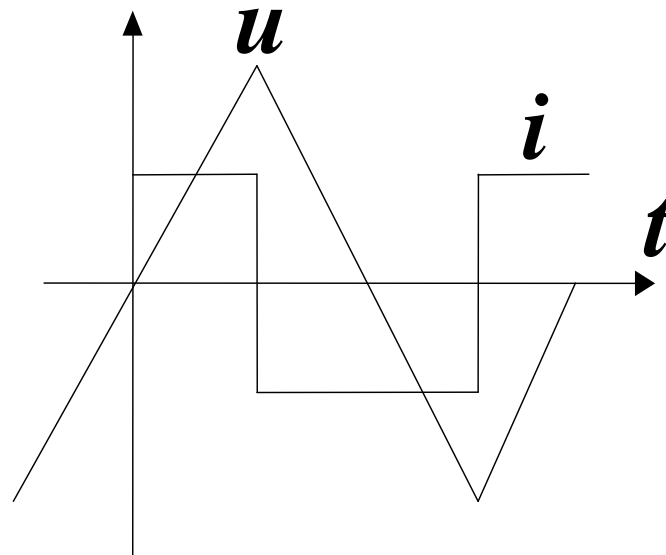


$$u(t) = \frac{1}{C} \cdot \int i(t) dt.$$

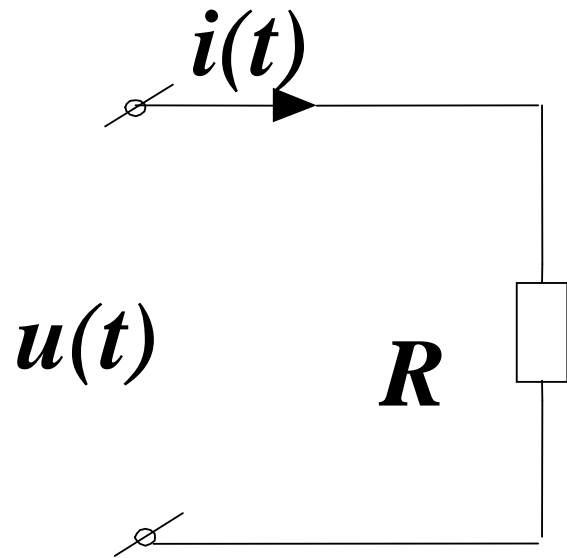
$$\underline{I} = j\omega C \cdot \underline{U}.$$



**Укажите номер варианта с  
верными графиками  
зависимостей напряжения и  
тока линейного емкостного  
элемента:**



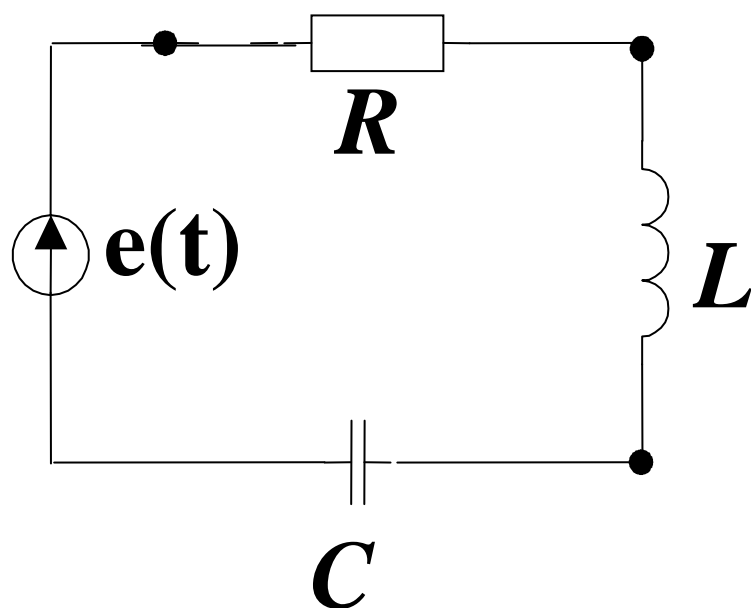
**Для линейного резистивного  
элемента укажите номер варианта  
верной взаимосвязи напряжения и  
тока:**



$$u(t) = R \cdot i(t).$$

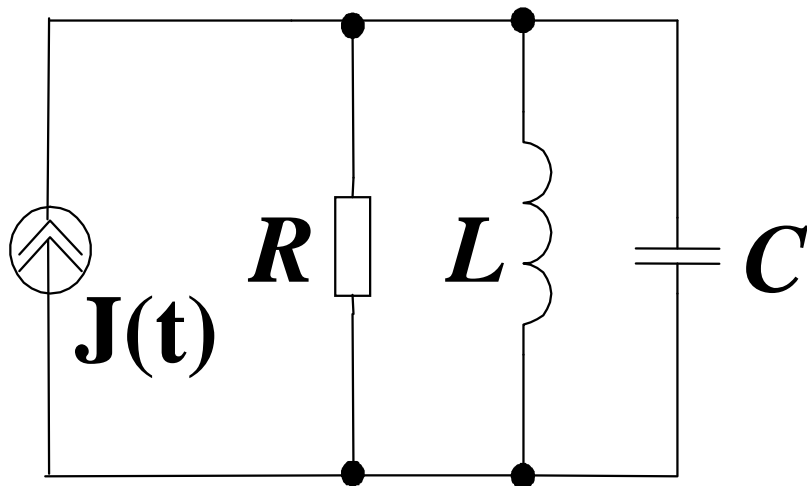
$$\underline{I} = \frac{\underline{U}}{R}.$$

**Для заданной цепи укажите номер варианта с верной записью эквивалентного комплексного сопротивления:**



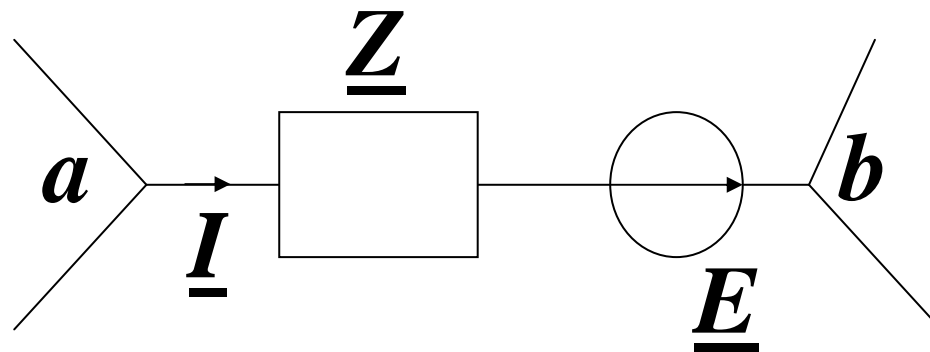
$$\underline{Z}_{\text{Э}} = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}.$$

Для заданной цепи укажите номер варианта с верной записью эквивалентной комплексной проводимости:



$$\underline{Y}_{\text{Э}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{j\omega L} + j\omega C.$$

Укажите номер варианта с верным уравнением для тока  $\underline{I}$  ветви  $ab$ :

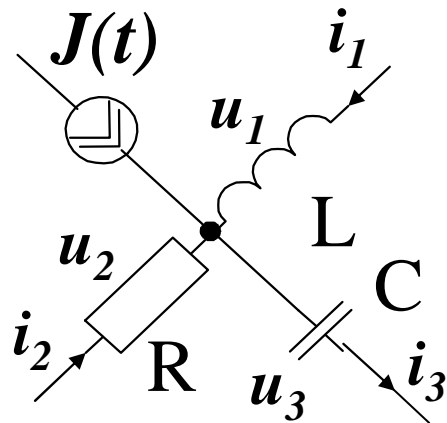


$$\underline{I} = \frac{\underline{\varphi}_a - \underline{\varphi}_b + \underline{E}}{\underline{Z}}.$$

**Для любого узла цепи  
алгебраическая сумма токов равна  
нулю.**

**Для любого контура цепи  
алгебраическая сумма напряжений  
равна нулю.**

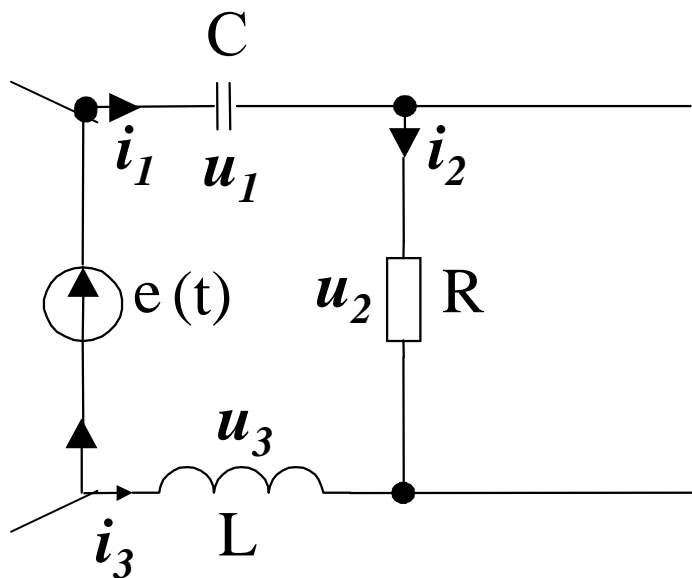
Для узла линейной цепи укажите номер варианта с верным уравнением для токов и напряжений:



$$J(t) + \frac{1}{L} \cdot \int u_1 dt + \frac{u_2}{R} - i_3 = 0.$$

$$- \underline{J} - \underline{I}_1 - \frac{\underline{U}_2}{R} + j\omega C \cdot \underline{U}_3 = 0.$$

**Для контура линейной цепи  
укажите номер варианта с верным  
уравнением для напряжений и  
ТОКОВ:**



$$e(t) - \frac{1}{C} \cdot \int i_1 dt - R \cdot i_2 + u_3 = 0.$$

$$\underline{E} - \frac{\underline{I}_1}{j\omega C} - \underline{U}_2 + j\omega L \cdot \underline{I}_3 = 0.$$



**Мощность равна скорости изменения электромагнитной энергии во времени и равна произведению напряжения и тока.**

**Электрический ток равен скорости изменения электрического заряда.**

**Электрическое напряжение равно энергии, затрачиваемой на перемещение единичного заряда из одной точки цепи в другую точку.**

**Укажите номер варианта с верной формулой полной мощности  $S$ , активной мощности  $P$  и реактивной мощности  $Q$  при гармоническом напряжении и токе:**

$$S = U \cdot I = \sqrt{P^2 + Q^2} = \left| \underline{U} \cdot \underline{I}^* \right|.$$

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi = \sqrt{S^2 - Q^2} = \operatorname{Re}(\underline{U} \cdot \underline{I}^*).$$

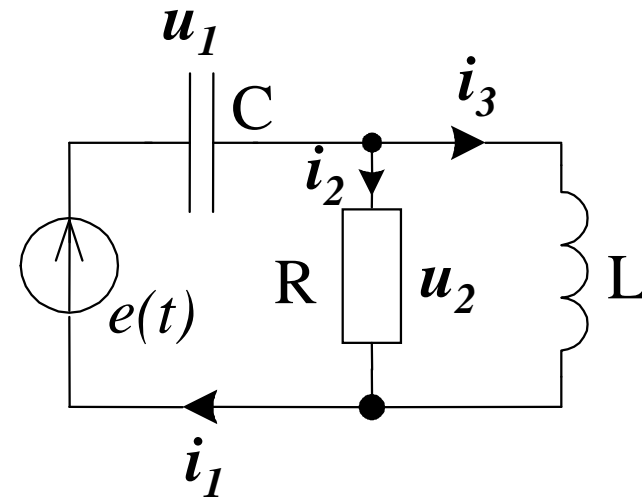
$$Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi = \sqrt{S^2 - P^2} = \operatorname{Im}(\underline{U} \cdot \underline{I}^*).$$

**Укажите номер верного варианта  
коэффициента мощности:**

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}$$

**Для любого момента времени сумма  
мощностей всех источников равна сумме  
мощностей всех пассивных  
элементов этой цепи.**

# Уравнение для мощностей, составленное по теореме Телледжена (баланс мощностей):



$$e(t) \cdot i_1 = u_1 \cdot i_1 + u_2 \cdot i_2 + u_2 \cdot i_3$$

**Теорема компенсации:**

**Любой элемент цепи с известным напряжением и током можно заменить совпадающим по направлению с этим током источником тока, причем ток источника тока равен по величине току заменяемого элемента.**

**Генерируемая источником ЭДС  
электромагнитная энергия  
равна интегралу по времени  
от произведения ЭДС и совпадающего с  
ней тока.**

**Перемещение единственного источника  
ЭДС из  $n$ -ветви в  $k$ -ветвь приведет к  
тому, что ток  $k$ -ветви будет протекать  
в  $n$ -ветви.**

**Методы расчета  
установившегося режима  
и взаимная индуктивность**

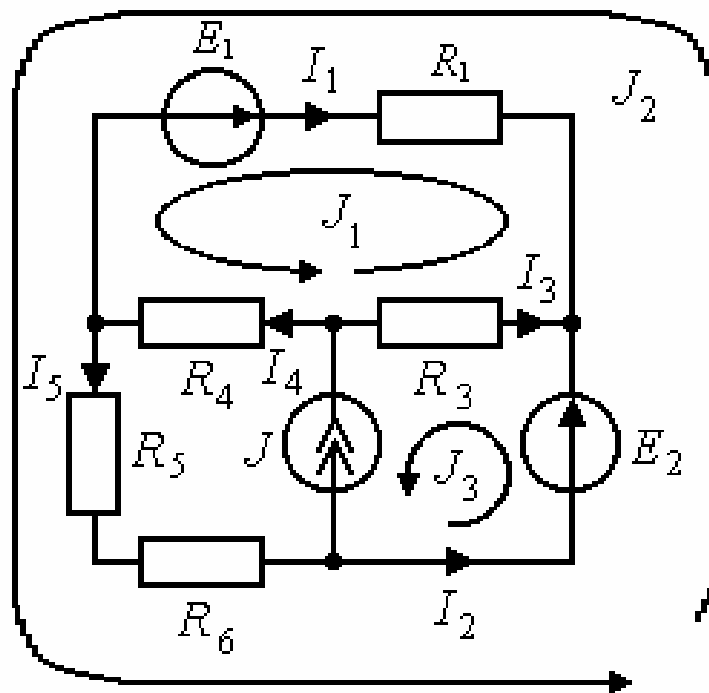
**Для заданной схемы с  $N_y$  узлами,  
 $N_B$  ветвями,  $N_I$  источниками и  
 $N_T$  неизвестными токами**

**достаточно составить:**

- по законам Кирхгофа  $N_B$  уравнений;**
- по методу контурных токов  
( $N_T - N_y + 1$ ) уравнений;**
- по методу узловых потенциалов не более  
( $N_y - 1$ ) уравнений;**
- по методу наложения  $N_I$  подсхем.**

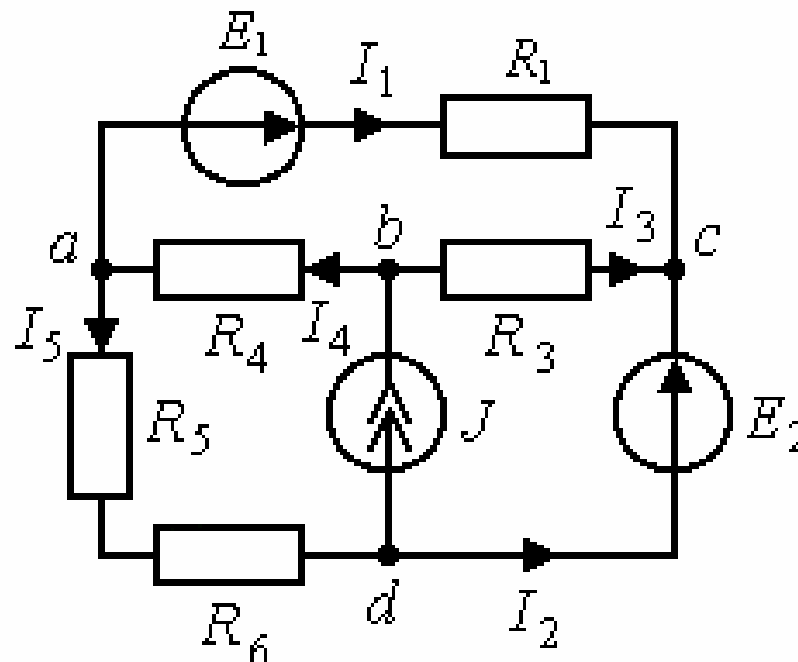


Для заданной цепи укажите номер варианта с верной записью уравнения по методу контурных токов:



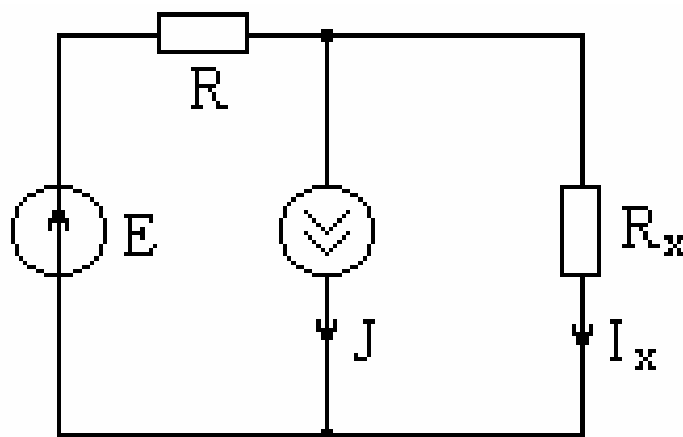
$$J_2 \cdot (R_1 + R_5 + R_6) + J_1 \cdot R_1 = E_2 - E_1.$$

Для заданной цепи укажите номер варианта с верной записью уравнения по методу узловых потенциалов:



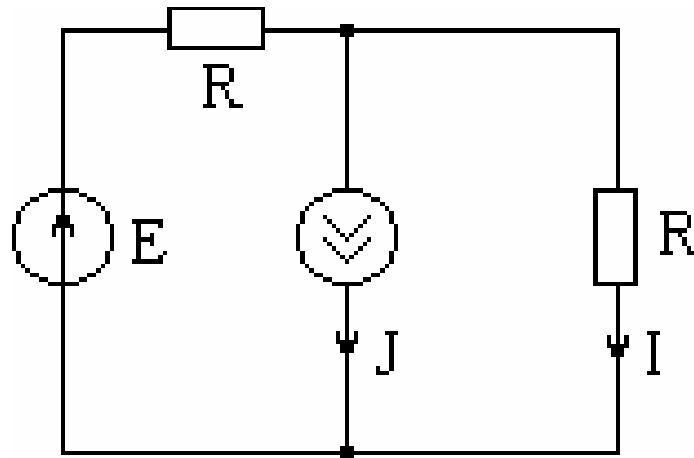
$$\varphi_b \cdot \left( \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} \right) - \varphi_a \cdot \frac{1}{R_4} - \varphi_c \cdot \frac{1}{R_3} = J.$$

Для заданной цепи укажите номер варианта с верной записью тока  $I_x$ , найденного по методу наложения:



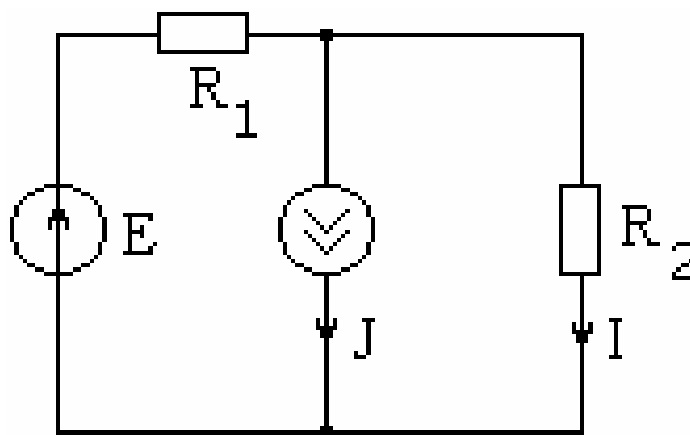
$$I_x = I_x^{(E)} - I_x^{(J)} = \frac{E}{R + R_x} - \frac{J \cdot R}{R + R_x}.$$

Для заданной цепи укажите номер варианта с верной записью тока  $I$ , найденного по методу эквивалентного генератора:



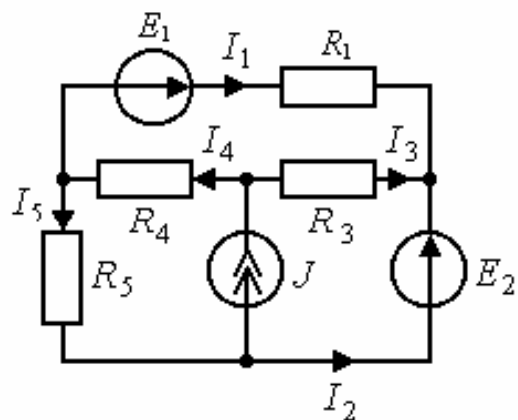
$$I = \frac{J_{\Gamma}}{1 + \frac{R_H}{R_{\Gamma}}} = \frac{\frac{E}{R} - J}{1 + \frac{R}{R}}$$

Для заданной цепи укажите номер варианта с верной записью тока  $I$ , найденного по методу преобразований:



$$I = \frac{E_{\text{Э}}}{R_{\text{Э}}} = \frac{E - R_1 \cdot J}{R_1 + R_2}.$$

Для заданной цепи укажите номер варианта с верной записью сопротивления эквивалентного генератора  $R_{\Gamma}$  относительно ветви с током  $I_5$ :

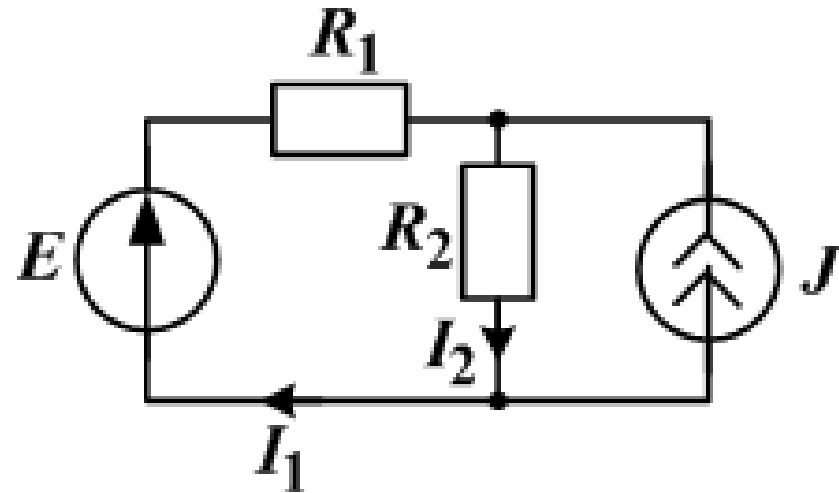


$$R_{\Gamma} = \frac{R_1 \cdot (R_3 + R_4)}{R_1 + R_3 + R_4}.$$

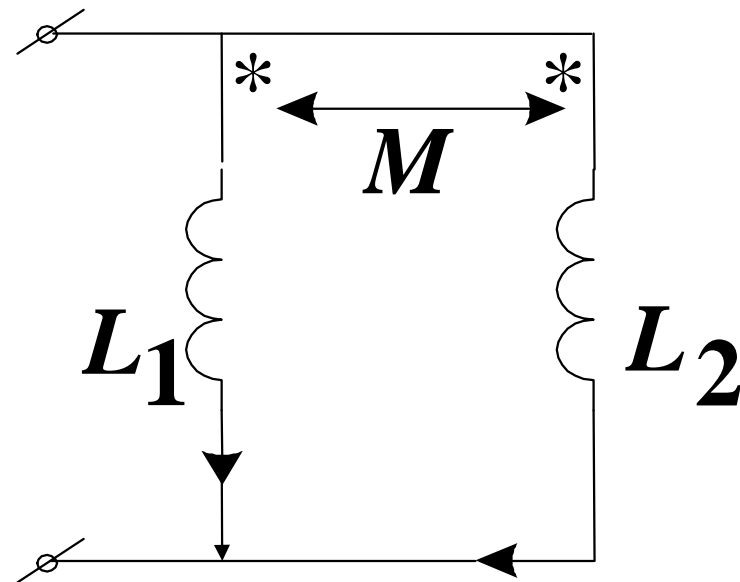
При изменении тока  $J$  источника тока  
постоянный коэффициент зависимости

$$I_1 = a + b \cdot I_2 :$$

$$a = \frac{E}{R_1}$$

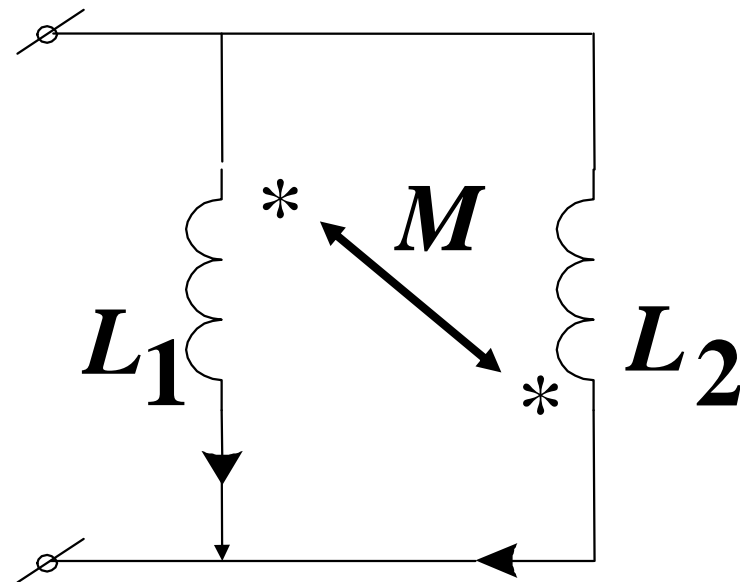


**Укажите номер схемы с согласным включением:**

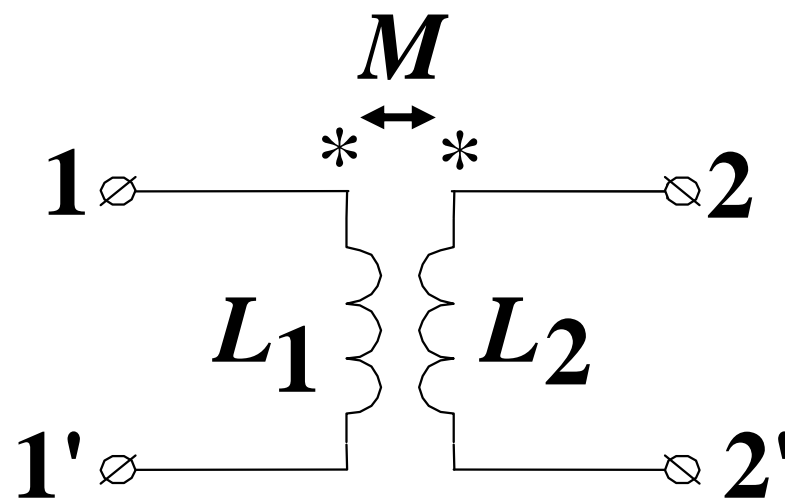




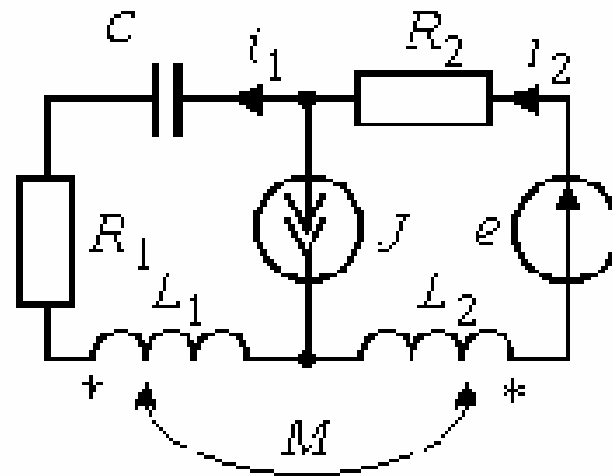
**Укажите номер схемы с встречным включением:**



**Укажите номер  
схемы с трансформатором:**

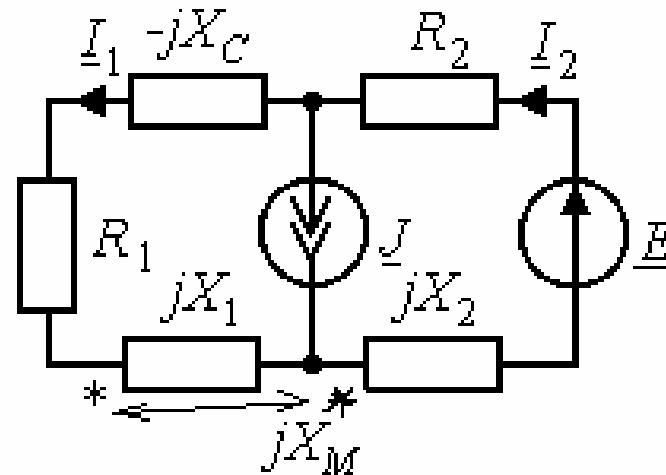


Для заданной цепи укажите номер варианта с верной записью уравнения по второму закону Кирхгофа для мгновенных значений напряжений и ТОКОВ:



$$-u_J = R_1 \cdot i_1 + \frac{1}{C} \cdot \int i_1 dt + L_1 \cdot \frac{di_1}{dt} - M \cdot \frac{di_2}{dt}.$$

Для заданной цепи укажите номер варианта с верной записью уравнения по второму закону Кирхгофа для комплексных значений напряжений и ТОКОВ:



$$\underline{E} + \underline{U}_J = (R_2 + jX_2) \cdot \underline{I}_2 + jX_M \cdot \underline{I}_1.$$

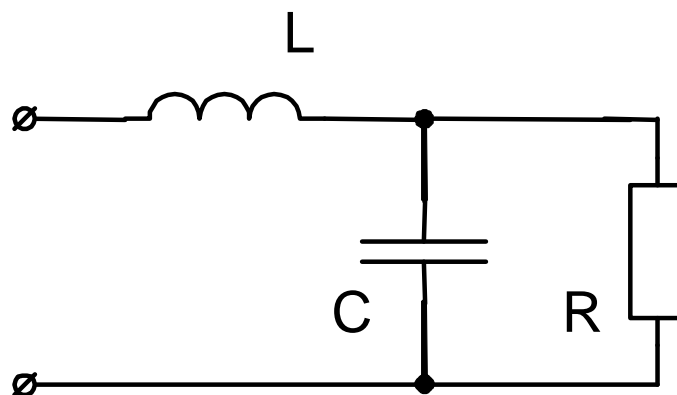
# **Резонансные явления в линейных электрических цепях**

**При резонансе: реактивные составляющие входного сопротивления и входной проводимости равны нулю.**

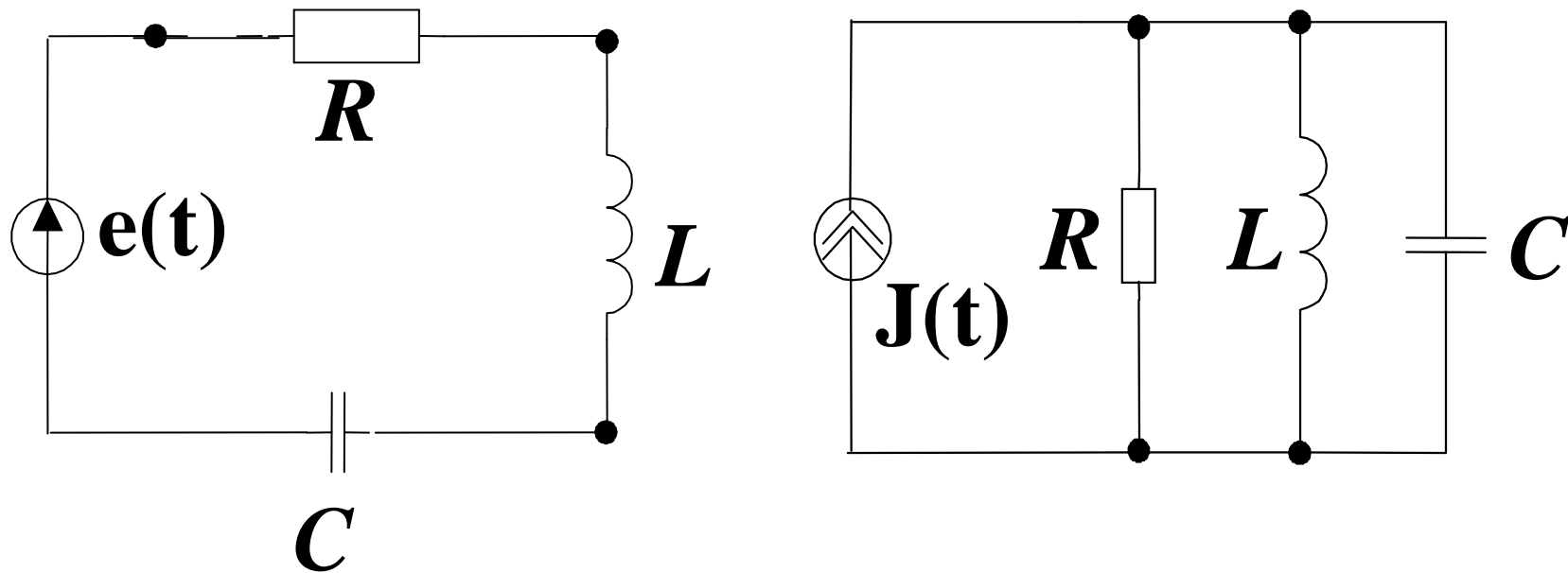
**При резонансе напряжений наблюдается максимум входного тока, а при резонансе токов – минимум входного тока.**

**При резонансе реактивная мощность равна нулю, а полная входная мощность равна активной мощности.**

**Укажите номер схемы, в которой  
возможен резонанс:**



Для заданной цепи укажите номер варианта с верной записью условия резонанса:

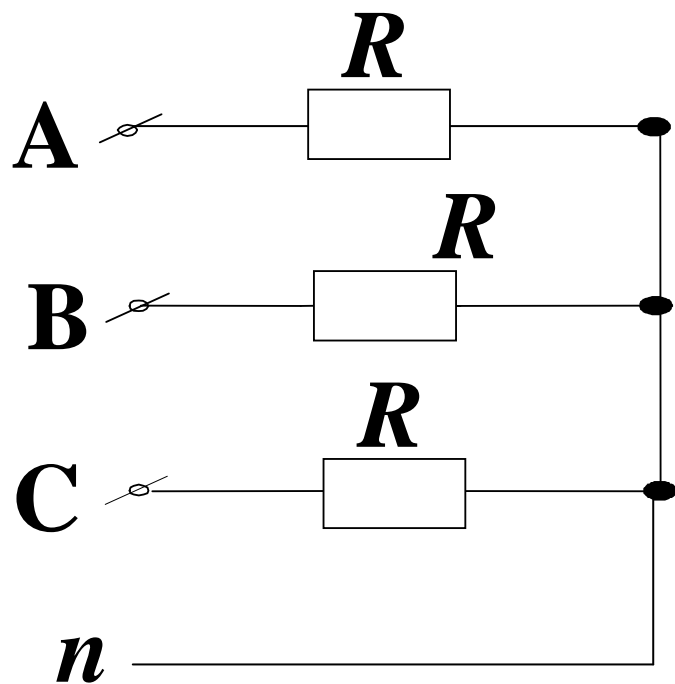


$$\omega^2 LC = 1.$$

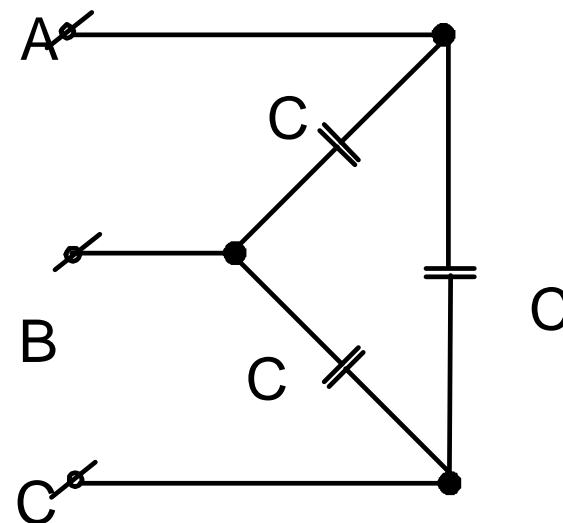


# Трехфазные цепи

Укажите номер схемы с симметричной трехфазной нагрузкой:



«Звезда»



«Треугольник»

**В симметричном режиме трехфазной цепи:**

**нагрузка фаз одинакова;**

**при соединении нагрузки звездой  
линейное напряжение в  $\sqrt{3}$  раз больше  
фазного напряжения;**

**при соединении нагрузки треугольником  
линейный ток в  $\sqrt{3}$  раз больше фазного  
тока;**

**ток в нулевом проводе равен нулю.**

**Линейное напряжение – это напряжение между фазами.**

**Фазное напряжение – это напряжение между фазой и нейтралью.**

**В симметричном режиме трехфазной цепи при соединении нагрузки звездой фазный ток равен линейному току, а при соединении нагрузки треугольником фазное напряжение равно линейному напряжению.**

**Укажите номер варианта с верной  
записью симметричной  
трехфазной системы фазных  
напряжений:**

$$\underline{U}_A = U_\phi \cdot e^{j30^\circ}, \underline{U}_B = U_\phi \cdot e^{-j90^\circ}, \underline{U}_C = U_\phi \cdot e^{j150^\circ}.$$

**Для заданного фазного напряжения**  
 **$\underline{U}_A = 220 \cdot e^{-j60^\circ}$  ( В ) симметричной звезды**  
**укажите номер варианта с верной**  
**записью симметричной**  
**трехфазной системы линейных**  
**напряжений:**

$$\underline{U}_{AB} = 380 \cdot e^{-j30^\circ}, \underline{U}_{BC} = 380 \cdot e^{-j150^\circ}, \underline{U}_{CA} = 380 \cdot e^{j90^\circ} \text{ ( В ).}$$

**Для заданного фазного тока**

$$\underline{I}_{AB} = 1,73 \cdot e^{j60^\circ} \text{ (A) симметричного}$$

**треугольника укажите номер**

**варианта с верной записью**

**симметричной трехфазной системы**

**линейных токов:**

$$\underline{I}_A = 3 \cdot e^{j30^\circ}, \underline{I}_B = 3 \cdot e^{-j90^\circ}, \underline{I}_C = 3 \cdot e^{j150^\circ} \text{ (A)}.$$

**В симметричном режиме  
трехфазной цепи при соединении  
сопротивлений  $\underline{Z} = Z \cdot e^{j\varphi}$  звездой  
имеем:**

$$I_{\text{Л}} = U_{\text{Ф}} / Z; \quad U_{\text{Ф}} = I_{\text{Ф}} \cdot Z;$$

$$U_{\text{Л}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{Ф}}; \quad I_{\text{Ф}} / I_{\text{Л}} = 1.$$



**В симметричном режиме  
трехфазной цепи при соединении  
сопротивлений  $\underline{Z} = Z \cdot e^{j\varphi}$   
треугольником имеем:**

$$I_{\Phi} = U_{\Phi} / Z; \quad U_{\text{Л}} = I_{\Phi} \cdot Z;$$

$$I_{\text{Л}} = \sqrt{3} \cdot I_{\Phi}; \quad U_{\Phi} / U_{\text{Л}} = 1.$$

**Укажите номер варианта с верной формулой активной мощности  $P$  и реактивной мощности  $Q$  трехфазной цепи в симметричном режиме при гармонических напряжениях и токах:**

$$P = \sqrt{3} \cdot U_l \cdot I_l \cdot \cos \varphi = 3 \cdot U_\phi \cdot I_\phi \cdot \cos \varphi.$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot U_l \cdot I_l \cdot \sin \varphi = 3 \cdot U_\phi \cdot I_\phi \cdot \sin \varphi.$$

**Укажите номер варианта с верной  
записью симметричной трехфазной  
системы составляющих фазных  
напряжений прямой  
последовательности:**

$$\underline{U}_{A1} = U_{\phi 1} \cdot e^{-j45^\circ}, \underline{U}_{B1} = U_{\phi 1} \cdot e^{-j165^\circ}, \underline{U}_{C1} = U_{\phi 1} \cdot e^{j75^\circ}.$$

**Укажите номер варианта с верной  
записью симметричной трехфазной  
системы составляющих фазных  
напряжений обратной  
последовательности:**

$$\underline{U}_{A2} = U_{\phi 2} \cdot e^{j90^\circ}, \underline{U}_{B2} = U_{\phi 2} \cdot e^{-j150^\circ}, \underline{U}_{C2} = U_{\phi 2} \cdot e^{-j30^\circ}.$$

**Укажите номер варианта с верной  
записью симметричной трехфазной  
системы составляющих фазных  
напряжений нулевой  
последовательности:**

$$\underline{U}_{A0} = U_{\phi 0} \cdot e^{j60^\circ}, \underline{U}_{B0} = U_{\phi 0} \cdot e^{j60^\circ}, \underline{U}_{C0} = U_{\phi 0} \cdot e^{j60^\circ}.$$

**Периодические  
негармонические  
(несинусоидальные)  
напряжения и токи**

**Укажите номер варианта с верной формулой действующего значения негармонического периодического тока**  $i = I_0 + I_1 \sqrt{2} \sin \omega t + I_{m2} \sin 2\omega t$  :

$$I = \sqrt{I_0^2 + I_1^2 + 0.5 \cdot I_{m2}^2}.$$

**Укажите номер варианта с верной формулой полной мощности  $S$ , активной мощности  $P$  и реактивной мощности  $Q$  при негармоническом напряжении и токе:**

$$S = \sqrt{U_0^2 + U_1^2 + U_2^2 + \dots} \cdot \sqrt{I_0^2 + I_1^2 + I_2^2 + \dots}$$

$$P = U_0 \cdot I_0 + U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1 + U_2 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2 + \dots$$

$$Q = U_1 \cdot I_1 \cdot \sin \varphi_1 + U_2 \cdot I_2 \cdot \sin \varphi_2 + \dots$$



**В симметричном режиме трехфазной цепи:  
первая гармоника образует прямую  
последовательность чередования фаз;  
третья гармоника образует нулевую  
последовательность чередования фаз;  
пятая гармоника образует обратную  
последовательность чередования фаз;  
линейное напряжение не содержит гармоник  
кратных трем;  
ток в нулевом проводе содержит только  
гармоники кратные трем.**

**Укажите номер варианта с верной записью фазной ЭДС генератора  $e_B(t)$ , если фазные ЭДС генератора образуют симметричную систему и известна одна из этих ЭДС**

$$e_A(t) = E_{m1} \cdot \sin(\omega t + 30^\circ) + \\ + E_{m3} \cdot \sin(3\omega t - 90^\circ) + E_{m5} \cdot \sin(5\omega t + 90^\circ) :$$
$$e_B(t) = E_{m1} \cdot \sin(\omega t - 90^\circ) + \\ + E_{m3} \cdot \sin(3\omega t - 90^\circ) + E_{m5} \cdot \sin(5\omega t - 150^\circ).$$

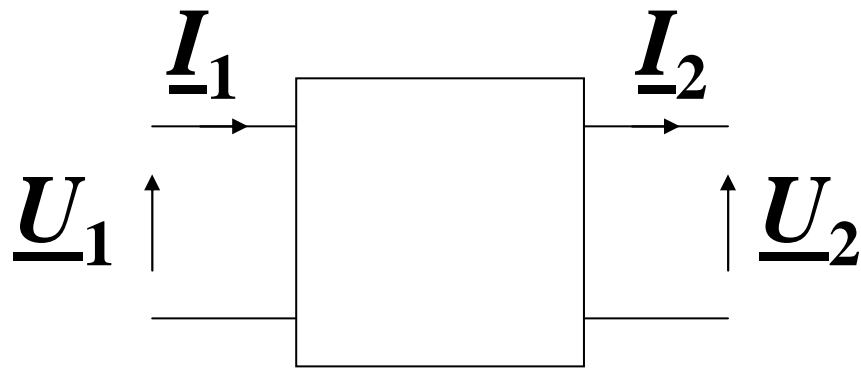
**Укажите номер варианта с верной записью линейного напряжения генератора  $u_{AB}(t)$ , если фазные ЭДС генератора образуют симметричную систему и известна одна из этих ЭДС**

$$\begin{aligned} e_A(t) &= E_{m1} \cdot \sin(\omega t - 60^\circ) + \\ &+ E_{m3} \cdot \sin(3\omega t + 60^\circ) + E_{m5} \cdot \sin(5\omega t + 60^\circ) \quad \vdots \\ u_{AB}(t) &= \sqrt{3} \cdot E_{m1} \cdot \sin(\omega t - 30^\circ) + \\ &+ \sqrt{3} \cdot E_{m5} \cdot \sin(5\omega t + 30^\circ). \end{aligned}$$

# Четырехполюсники

Для симметричного пассивного  
 четырехполюсника в линейном режиме с  
 уравнениями

$\underline{U}_1 = \underline{A} \underline{U}_2 + \underline{B} \underline{I}_2$  ,  $\underline{I}_1 = \underline{C} \underline{U}_2 + \underline{D} \underline{I}_2$  укажите  
 номер варианта с верной записью:



$$\underline{A} \cdot \underline{D} - \underline{B} \cdot \underline{C} = 1;$$

$$\underline{A} = \underline{D};$$

$$\underline{Z}_C = \sqrt{\frac{\underline{B}}{\underline{C}}};$$

$$\underline{\Gamma} = \ln(\underline{A} + \sqrt{\underline{B} \cdot \underline{C}}).$$

# Переходные процессы

**После коммутации ток  
индуктивности и напряжение  
емкости не могут измениться  
скачком.**

**Независимые начальные условия – это ток индуктивности и напряжение емкости, которые определяются из расчета схемы до коммутации.**

**Зависимые начальные условия – это другие токи и напряжения, которые определяются из расчета схемы после коммутации.**



**Свободная составляющая тока переходного процесса – это общее решение однородного линейного дифференциального уравнения.**

**Принужденная составляющая напряжения переходного процесса – это частное решение неоднородного линейного дифференциального уравнения.**

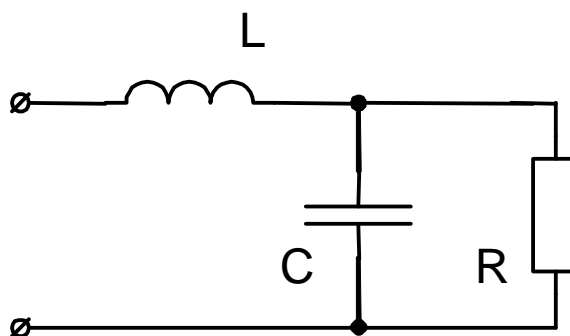
**Для тока переходного процесса**

$$i(t) = 5 + 10 \cdot e^{-100t} \cdot \sin 200 \cdot t, \text{ А}$$

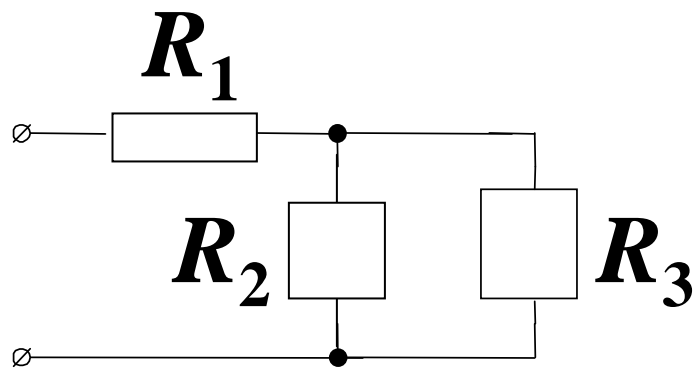
**имеем:**

- 1. Принужденная составляющая - 5 .**
- 2. Постоянная интегрирования - 10 .**
- 3. Коэффициент затухания - 100 .**
- 4. Угловая частота свободных колебаний - 200 .**

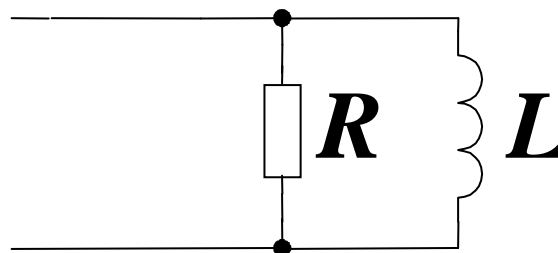
**Укажите номер схемы, в которой  
возможен колебательный  
переходный процесс:**



**Укажите номер схемы, в которой  
переходного процесса не будет:**



**Укажите номер схемы первого  
порядка:**

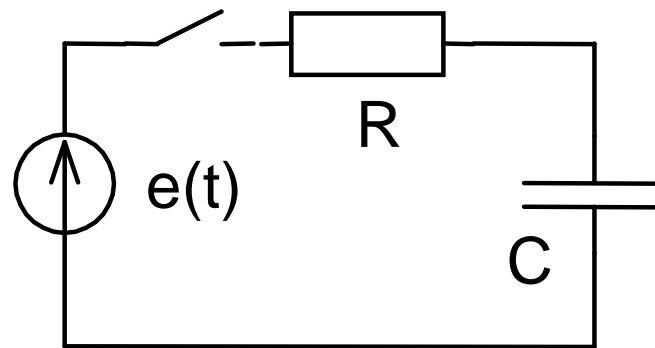


**Укажите номер верного варианта  
записи корней характеристического  
уравнения напряжения переходного  
процесса:**

$$u(t) = 100 \sin(100 \cdot t + 90^\circ) + \\ + 50 \cdot e^{-200t} \cos(300 \cdot t - 30^\circ), \text{ В}$$

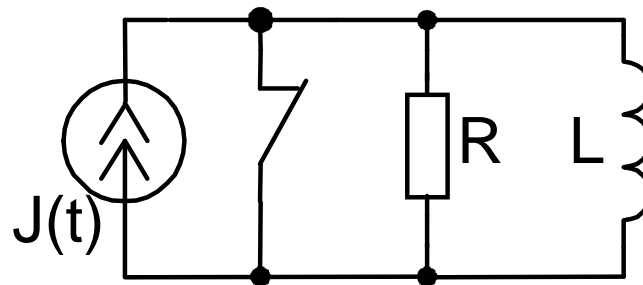
$$p_1 = -200 + j300, p_2 = -200 - j300 \text{ (1/с)}.$$

**Для заданной цепи укажите номер  
верного варианта записи корня  
характеристического уравнения  
и постоянной времени:**



$$p = -\frac{1}{R \cdot C}; \quad \tau = R \cdot C$$

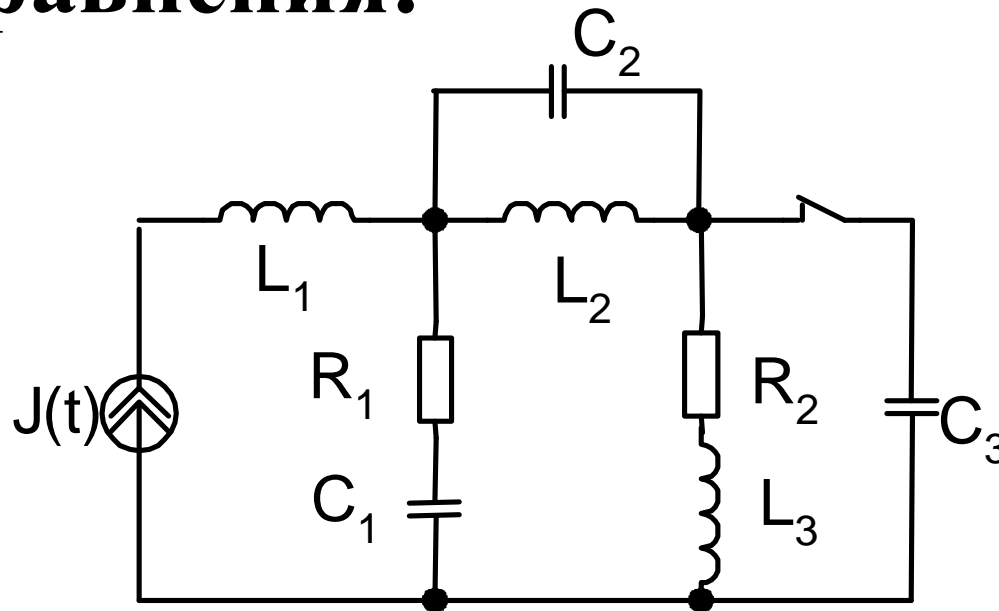
**Для заданной цепи укажите номер  
верного варианта записи корня  
характеристического уравнения  
и постоянной времени:**



$$p = -\frac{R}{L}; \quad \tau = \frac{L}{R}$$



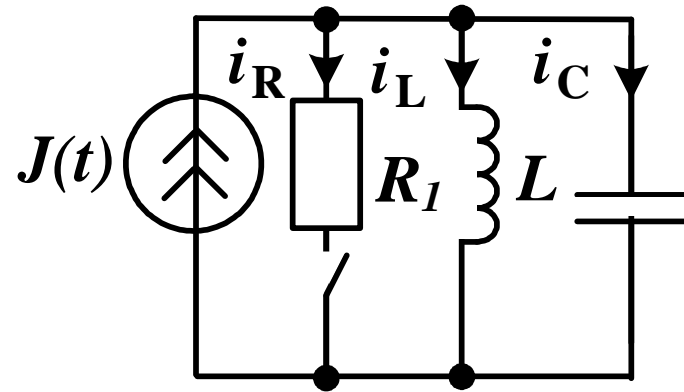
**Для заданной цепи укажите номер  
верного варианта числа корней  
характеристического  
уравнения:**



**четыре корня.**

## Уравнение состояния:

$$\frac{di_L}{dt} = \frac{u_C}{L};$$

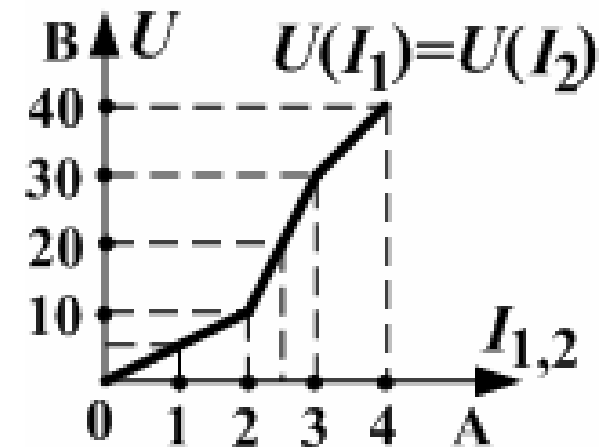
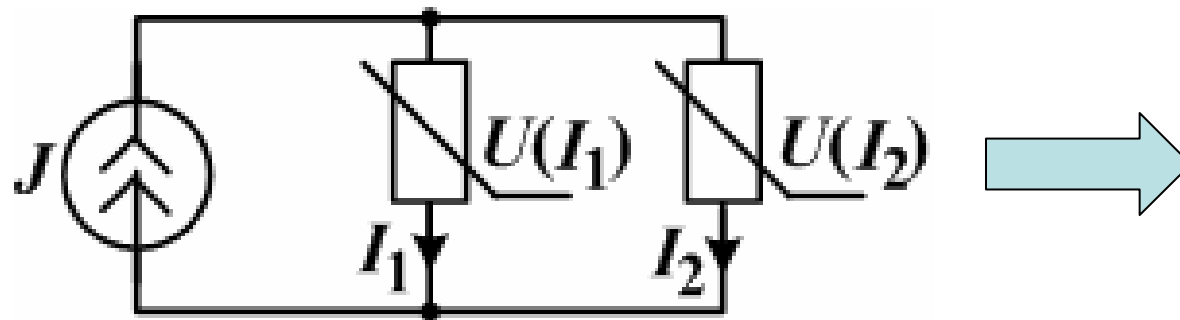
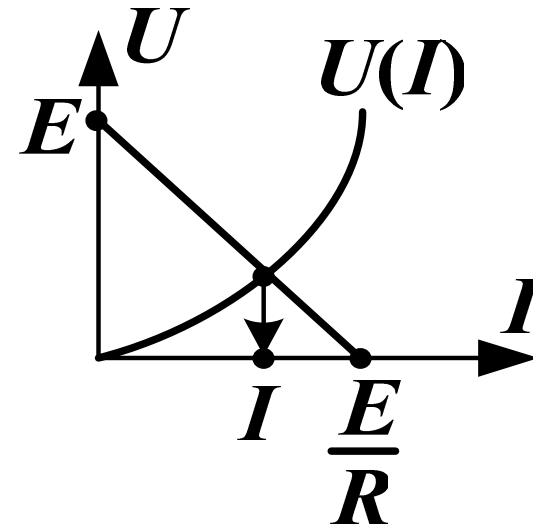
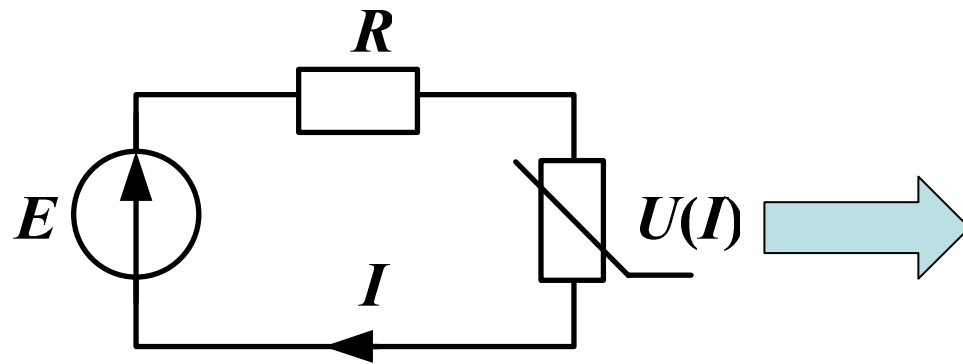


$$\frac{du_C}{dt} = -\frac{i_L}{C} - \frac{u_C}{RC} + \frac{J(t)}{C}.$$

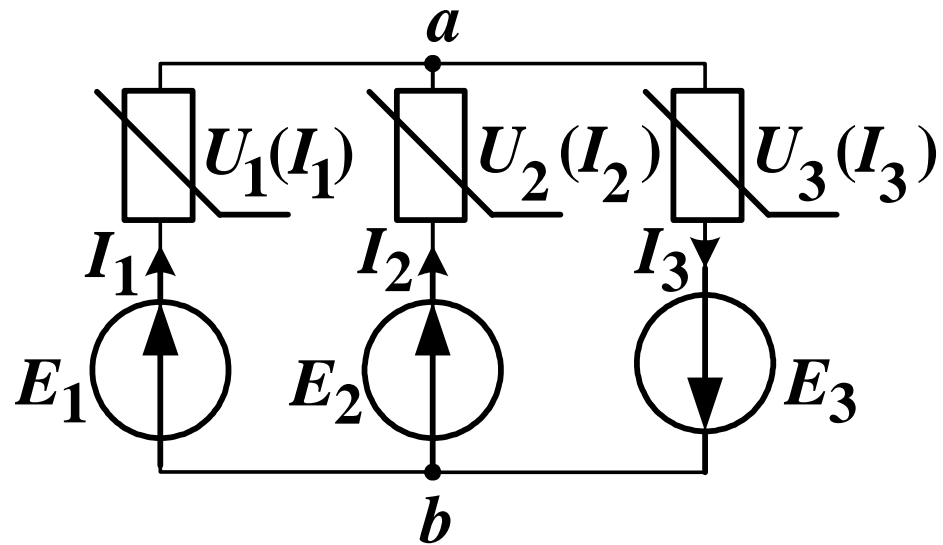
# Нелинейные цепи

**Вольтамперные характеристики  
параллельно соединенных нелинейных  
резистивных элементов складываются  
вдоль оси тока, а последовательно  
соединенных - вдоль оси напряжения.**

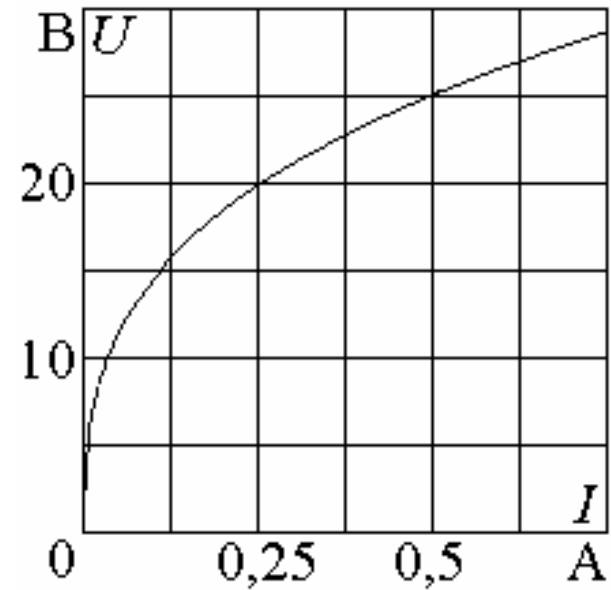
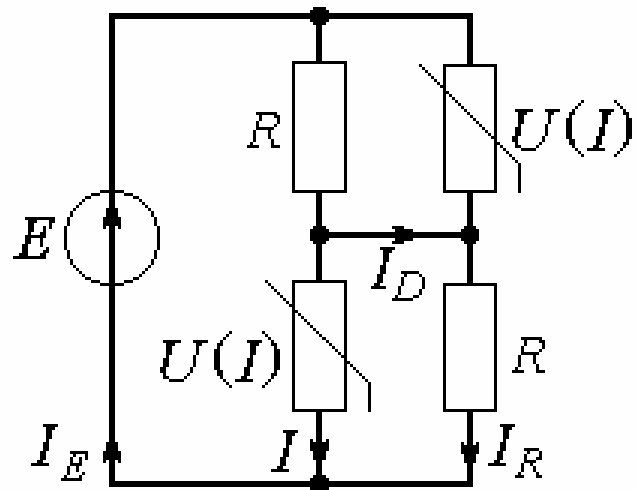
**Метод эквивалентного генератора  
применим для расчета цепей с одним  
нелинейным элементом:**



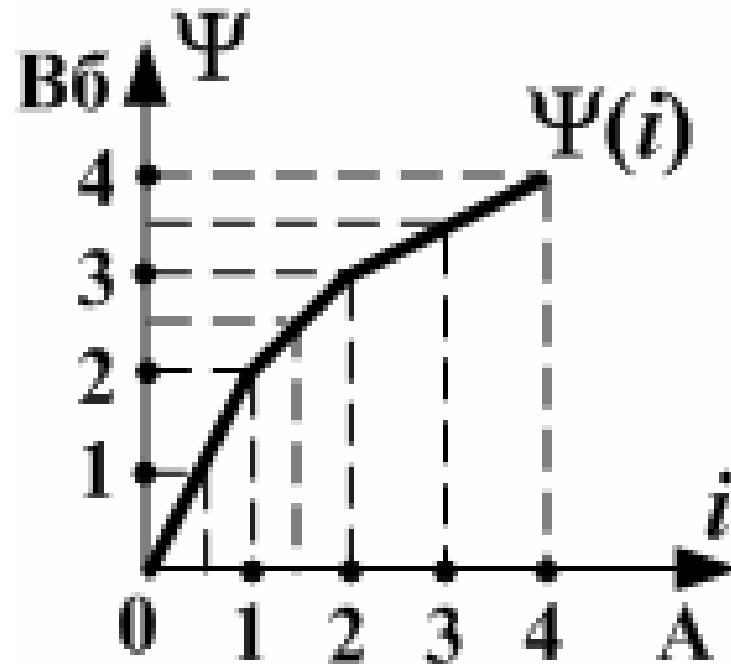
$$J=6 \text{ (A)}, I_1=I_2=3 \text{ (A)}, U=30 \text{ (B)}.$$



$$U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b = -E_3 + U_3(I_3).$$



**При  $E=40$  (В) и  $R=200$  (Ом)  
имеем  $I_E=0,35$  (А).**



**Дифференциальная индуктивность**  
 **$L_{\text{д}}=0,5$  (Гн) при токе  $i=3$  (А).**



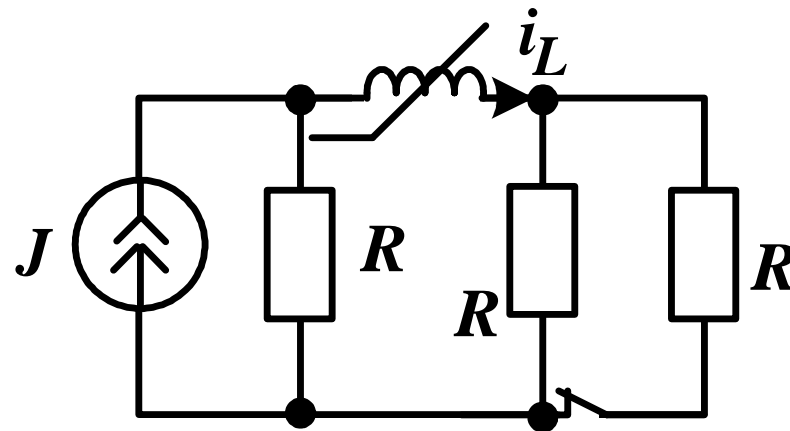
# Дифференциальные параметры нелинейных элементов:

$$R_d = \frac{du}{di} = \frac{\Delta u}{\Delta i} ; \quad \text{Ом}$$

$$L_d = \frac{d\psi}{di} = \frac{\Delta \psi}{\Delta i} ; \quad \text{Гн}$$

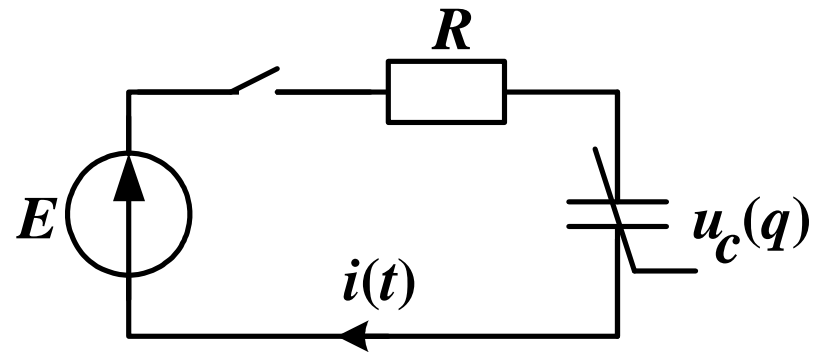
$$C_d = \frac{dq}{du} = \frac{\Delta q}{\Delta u} ; \quad \text{Ф}$$

# Переходные процессы в нелинейных цепях:

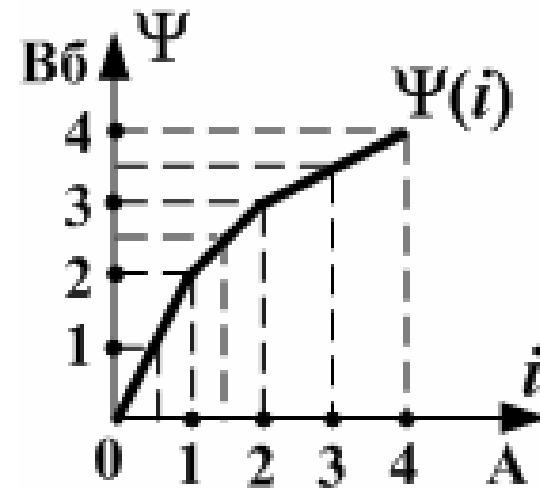
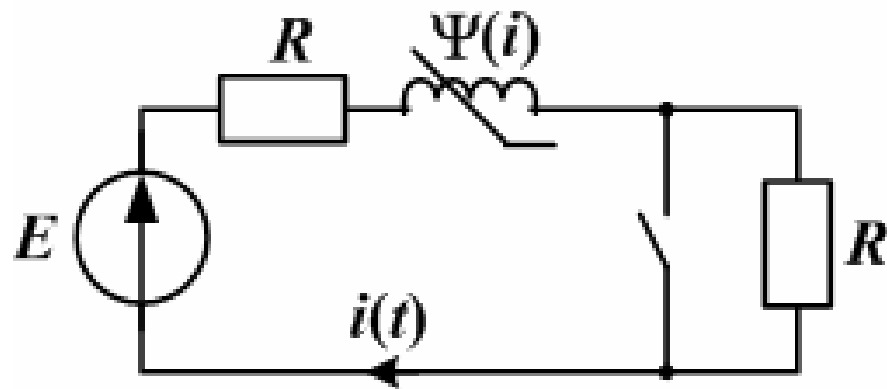


$$\frac{1}{R} \cdot \frac{d\psi}{dt} + 2 \cdot i_L(\psi) = J.$$

# Уравнение для метода последовательных интервалов:



$$\frac{\Delta q}{\Delta t} + \frac{u_c(q)}{R} = \frac{E}{R} .$$



При  $E=400$  (В) и  $R=200$  (Ом)  
имеем  $\psi(0+) = 2$  (Вб).

# Магнитные цепи

**Для узла алгебраическая сумма магнитных потоков ( $\Phi_k = B_k S_k$ ) равна нулю.**

**Для контура алгебраическая сумма магнитных напряжений ( $H_k l_k = R_{MK} \Phi_k$ ) равна алгебраической сумме намагничивающих сил ( $i_k w_k$ ).**

## Магнитное сопротивление

$$R_{MK} = U_{MK} / \Phi_K = H_K l_K / \Phi_K = H_K l_K / B_K S_K$$

- размерность  $A/Bб = A/B \cdot c$  .

## Потокоцепление

$$\psi = w \cdot \Phi = L_{CT} \cdot i, \quad (Bб = B \cdot c).$$

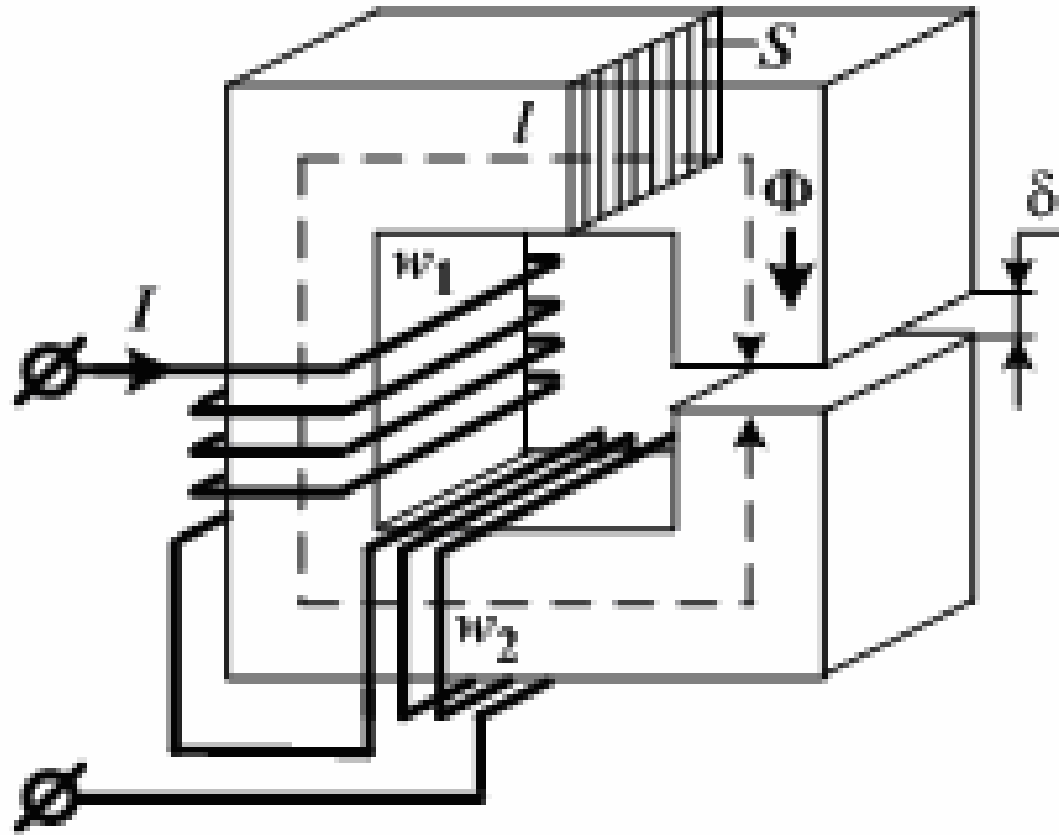
## Статическая индуктивность

$$L_{CT} = \psi / i, \quad (\Gamma H).$$

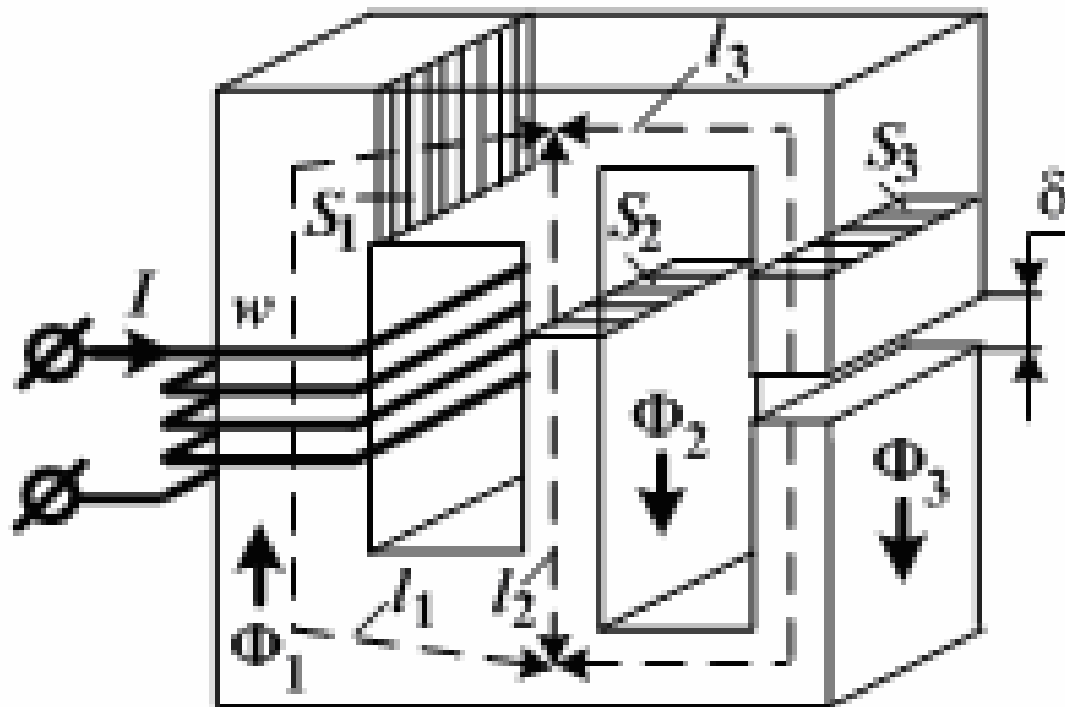
**Энергия магнитного поля в воздушном зазоре пропорциональна произведению квадрата индукции, площади сечения и величины зазора.**

**Сила магнитного поля, стягивающая воздушный зазор, пропорциональна произведению квадрата индукции и площади сечения зазора.**





$$Iw_1 + Iw_2 = Hl + \frac{\Phi}{\mu_0 S} \delta = Hl + \frac{B}{\mu_0} \delta.$$



$$Iw = H_1 l_1 + H_3 l_3 + \frac{B_3}{\mu_0} \delta.$$

# Длинные линии

# Укажите номер верного варианта записи параметров однородной линии:

1. Волновое  
сопротивление

$$\underline{Z}_B = \sqrt{\frac{R_0 + j\omega L_0}{G_0 + j\omega C_0}};$$

2. Постоянная  
распространения

$$\underline{\gamma} = \sqrt{(R_0 + j\omega L_0) \cdot (G_0 + j\omega C_0)} = \alpha + j\beta;$$

3. Фазовая  
скорость

$$V = \frac{\omega}{\beta};$$

4. Длина  
волны

$$\lambda = \frac{2\pi}{\beta}.$$

**Укажите номер верного варианта  
записи уравнения однородной  
линии для комплекса  
напряжения на расстоянии  $x$   
от конца линии:**

$$\underline{U}(x) = \underline{U}_2 \cdot \operatorname{ch} \underline{\gamma} x + \underline{Z}_B \cdot \underline{I}_2 \cdot \operatorname{sh} \underline{\gamma} x;$$

$$\underline{U}(x) = \underline{A}_1 \cdot e^{\underline{\gamma} x} + \underline{A}_2 \cdot e^{-\underline{\gamma} x}.$$

**Укажите номер верного варианта  
записи уравнений для тока  
однородной линии при отсчете  
 $x$  от конца линии:**

$$\underline{I}(x) = \frac{\underline{U}_2}{\underline{Z}_B} \cdot \operatorname{sh} \underline{\gamma} x + \underline{I}_2 \cdot \operatorname{ch} \underline{\gamma} x;$$

$$\underline{I}(x) = \frac{\underline{A}_1 \cdot e^{\underline{\gamma} x} - \underline{A}_2 \cdot e^{-\underline{\gamma} x}}{\underline{Z}_B}.$$

**Укажите номер верного варианта  
записи комплексных  
постоянных уравнения  
однородной линии**

$$\underline{U}(x) = \underline{A}_1 \cdot e^{\gamma x} + \underline{A}_2 \cdot e^{-\gamma x}$$

**при отсчете  $x$  от конца линии:**

$$\underline{A}_1 = \frac{\underline{U}_2 + \underline{Z}_B \cdot \underline{I}_2}{2}.$$

$$\underline{A}_2 = \frac{\underline{U}_2 - \underline{Z}_B \cdot \underline{I}_2}{2}.$$

**Укажите номер верного варианта  
записи комплексных значений  
падающих и отраженных волн  
напряжения и тока в однородной  
линии:**

1.  $\underline{I}_{\text{отр}} = \frac{-\underline{U}_{\text{отр}}}{\underline{Z}_B}$  ;

2.  $\underline{U}_{\text{пад}} = \underline{A}_1 \cdot e^{-\gamma x}$  ;

3.  $\underline{I}_{\text{пад}} = \frac{\underline{U}_{\text{пад}}}{\underline{Z}_B}$  ;

4.  $\underline{U}_{\text{отр}} = \underline{A}_2 \cdot e^{-\gamma x}$  .



**Укажите номер верного варианта  
записи параметров однородной  
линии без искажений:**

**1. Коэффициент  
затухания**

$$\alpha = \frac{R_0}{L_0} \cdot \sqrt{L_0 \cdot C_0};$$

**2. Коэффициент  
фазы**

$$\beta = \omega \cdot \sqrt{L_0 \cdot C_0};$$

**3. Волновое  
сопротивление**

$$\underline{Z}_B = \sqrt{\frac{L_0}{C_0}};$$

**4. Соотношение  
первичных параметров**

$$\frac{R_0}{L_0} = \frac{G_0}{C_0}.$$

**Укажите номер верного варианта  
записи параметров однородной  
линии без потерь:**

**1. Волновое  
сопротивление**

$$\underline{Z}_B = \sqrt{L_0 / C_0};$$

**2. Постоянная  
распространения**

$$\gamma = j\omega \cdot \sqrt{L_0 \cdot C_0};$$

**3. Фазовая  
скорость**

$$V = \frac{1}{\sqrt{L_0 \cdot C_0}};$$

**4. Длина  
волны**

$$\lambda = \frac{2\pi}{\omega \cdot \sqrt{L_0 \cdot C_0}}.$$

**Укажите номер верного варианта  
записи уравнений однородной  
линии без потерь при отсчете  $x$   
от конца линии:**

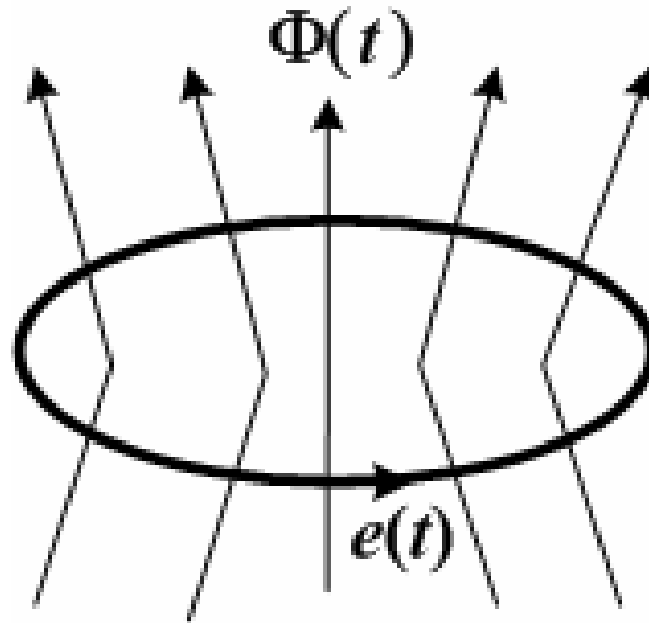
$$\underline{U}(x) = \underline{U}_2 \cdot \cos \beta x + jZ_B \cdot \underline{I}_2 \cdot \sin \beta x$$

$$\underline{I}(x) = j \frac{\underline{U}_2}{Z_B} \cdot \sin \beta x + \underline{I}_2 \cdot \cos \beta x$$

# Электромагнитное поле

***Закон электромагнитной индукции:***  
**при изменении во времени магнитного**  
**потока, пронизывающего виток, в**  
**этом витке наводится ЭДС,**  
**направление которой связано с**  
**направлением магнитного потока**  
**правилом правоходового винта и**  
***ЭДС положительна, если магнитный***  
***поток уменьшается.***

**Индукцируемая ЭДС  $e(t)$  в контуре,  
которую пронизывает магнитный  
поток  $\Phi(t) = \Phi_m \cdot \sin \omega t$  :**



$$e(t) = -\frac{d[\Phi(t)]}{dt} = -\omega\Phi_m \cdot \cos\omega t.$$

*Закон полного тока:*

**линейный интеграл от напряженности магнитного поля вдоль любого замкнутого контура равен полному току, пронизывающему этот контур.**

**Магнитный поток равен потоку магнитной индукции через заданную поверхность.**

**Направление силы связано с направлением тока правилом левой руки.**

***Закон Ампера:***

**сила пропорциональна  
произведению тока, длины проводника  
и индукции внешнего поля.**

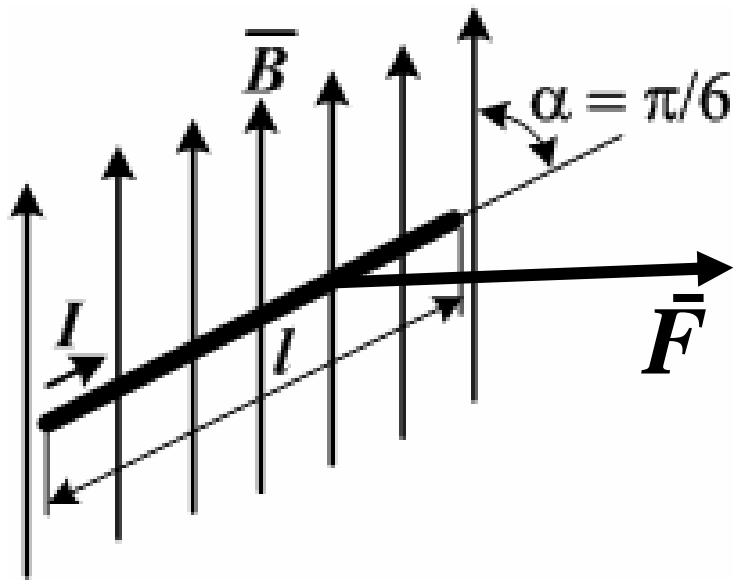
**Для прямолинейного проводника  
длиной  $l$  с током  $I$   
во внешнем магнитом поле с индукцией  
 $B$  имеем силу:**

$$F = B \cdot I \cdot l \cdot \sin \alpha, \text{ Н}$$

**где  $\alpha$  – угол между  $B$  и  $I$ .**

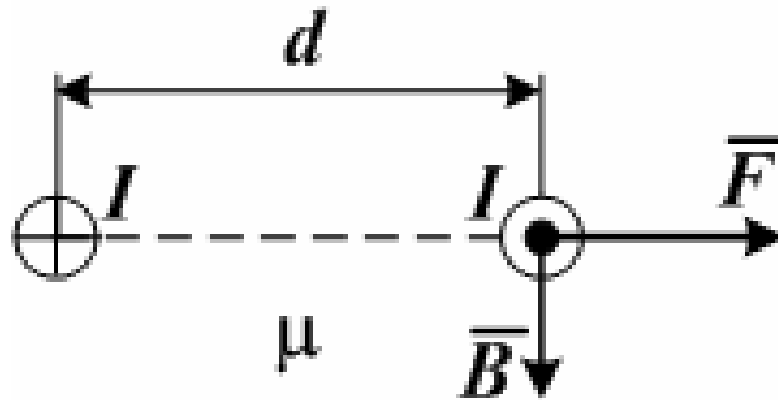


**Значение силы  $F$ , действующей на прямолинейный проводник длиной  $l = 2$  м с током  $I = 4$  А, помещенный в заданное равномерное внешнее магнитное поле с индукцией  $B = 1$  Тл:**



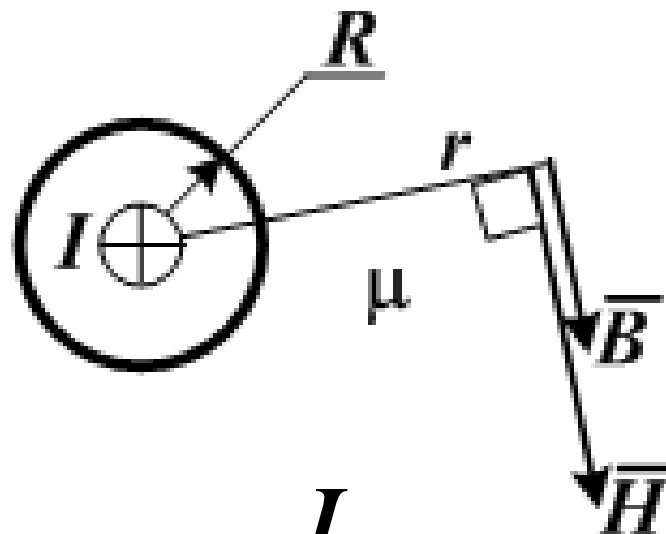
$$F = 4 \text{ (Н).}$$

**Сила  $F$  магнитного поля,  
действующая на провод  
длиной  $l$  двухпроводной  
линии с током  $I$ :**



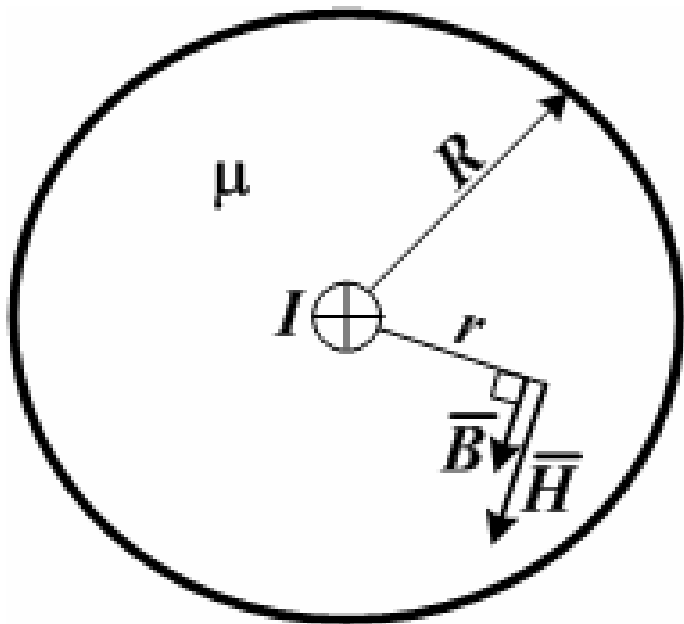
$$F = \frac{\mu \cdot l}{2\pi \cdot d} \cdot I^2 .$$

**Уравнение для внешнего магнитного поля цилиндрического провода радиуса  $R$  с током  $I$ , полученного по закону полного тока:**



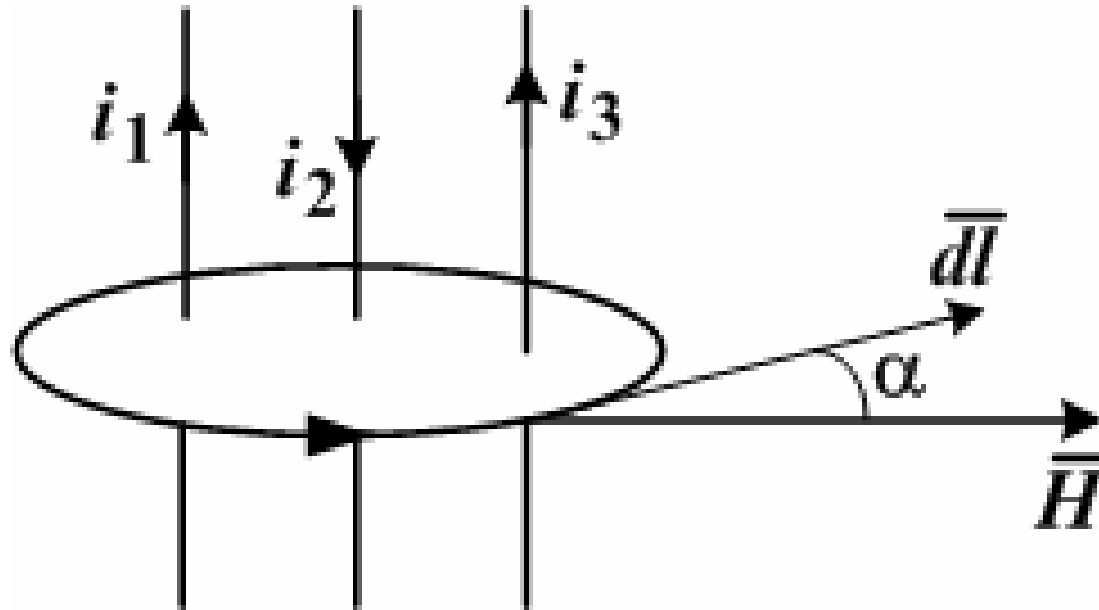
$$H = \frac{I}{2\pi \cdot r} .$$

**Уравнение для внутреннего магнитного поля цилиндрического провода радиуса  $R$  с током  $I$ , полученного по закону полного тока:**



$$B = \mu \frac{I \cdot r}{2\pi \cdot R^2} \cdot$$

## Уравнение по закону полного тока:



$$\oint \overline{H} \overline{dl} = i_1 - i_2 + i_3.$$

*Первое уравнение*

*Максвелла для электромагнитного поля  
в проводниках:*

**ротор вектора напряженности  
магнитного поля равен вектору  
плотности тока проводимости.**

*Второе уравнение Максвелла:*  
**ротор вектора напряженности  
электрического поля  
равен скорости изменения во времени  
индукции магнитного поля,  
взятой с знаком минус.**

*Третье уравнение Максвелла*  
*(принципа непрерывности*  
*магнитных силовых линий):*  
**дивергенция вектора магнитной**  
**индукции равна нулю.**



*Условие для электрического поля  
постоянного тока  
на границе двух проводников:  
равны нормальные составляющие  
векторов плотности тока.*

*Условие для магнитного поля  
постоянного тока на границе двух  
материалов с разной магнитной  
проницаемостью, где равны:  
нормальные составляющие  
векторов индукции.*

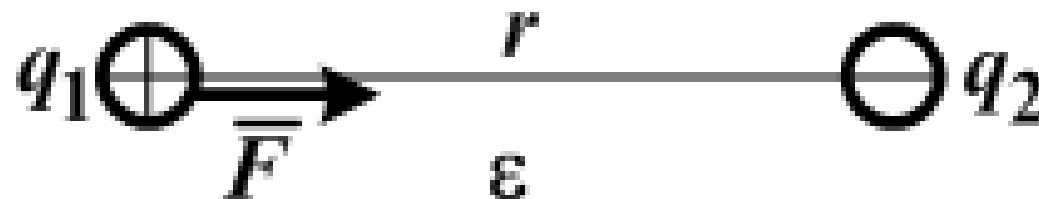
*Условие для электростатического поля  
на границе проводника и диэлектрика,  
когда в диэлектрике:*

**нормальная составляющая индукции  
равна поверхностной плотности  
свободных зарядов.**

***Вектор Пойнтинга, равный  
векторному произведению:  
электрической и магнитной  
напряженностей.***

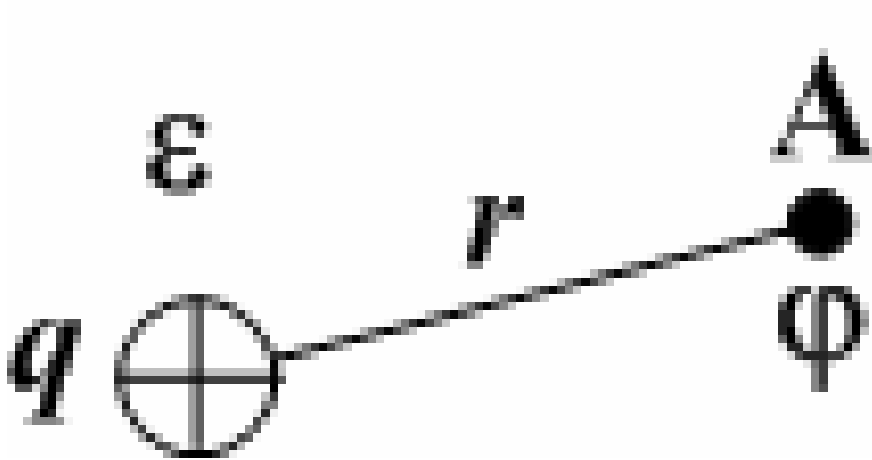
# Закон Кулона

для определения модуля силы взаимодействия  $F$  двух точечных зарядов  $q_1$  и  $q_2$ :



$$F = \frac{|q_1 \cdot q_2|}{4\pi \cdot \epsilon \cdot r^2} .$$

# Уравнения в точке А электростатического поля уединенного точечного заряда $q$ :

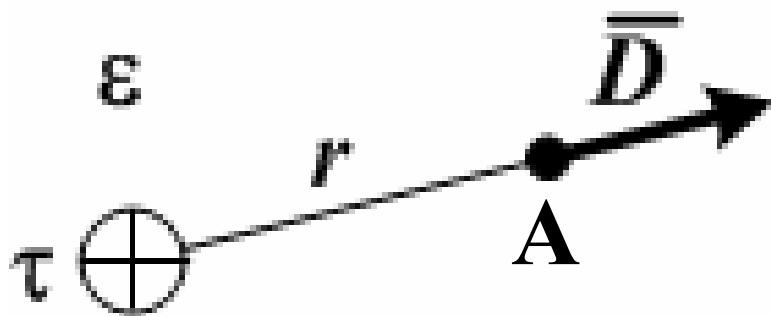


$$D = \frac{q}{4\pi \cdot r^2};$$

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon \cdot r^2};$$

$$\varphi = \frac{q}{4\pi\epsilon \cdot r}.$$

**Уравнения в точке А  
электростатического поля  
заряженной оси с линейной плотностью  
заряда  $\tau$ :**



$$D = \frac{\tau}{2\pi \cdot r} ;$$

$$E = \frac{\tau}{2\pi\epsilon \cdot r} ;$$

$$\varphi = -\frac{\tau}{2\pi\epsilon} \cdot \ln(r) + C.$$

**Объемная плотность заряда  $\rho$  ,  
если вектор электрической  
индукции равен**

$$\bar{D} = 5 \cdot 10^{-6} \cdot x \cdot \bar{i} - 3 \cdot 10^{-6} \cdot z \cdot \bar{j} + 2 \cdot 10^{-6} \cdot y \cdot \bar{k}$$

$$\rho = \operatorname{div} \bar{D}.$$

(Кл/м<sup>2</sup>):

$$\rho = 5 \cdot 10^{-6} \quad \text{Кл/м}^3.$$



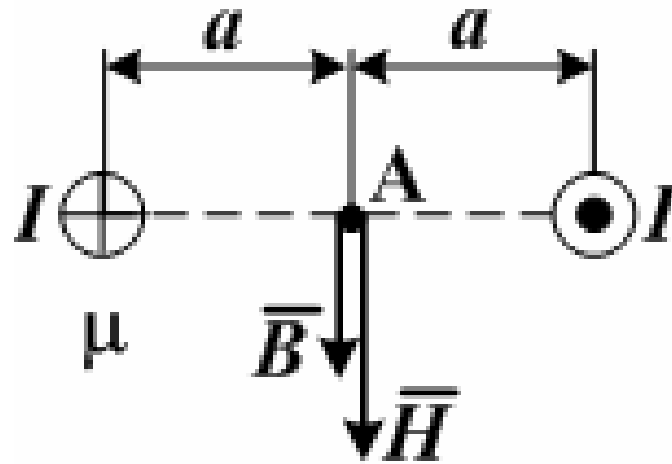
# Коэффициент $b$ вектора магнитной индукции

$$\vec{B} = 4 \cdot x \cdot \vec{i} + b \cdot y \cdot \vec{j} + 3 \cdot z \cdot \vec{k} \quad (\text{Тл}):$$

$$\text{div} \vec{B} = 0.$$

$$b = -7 \text{ (Тл/м)}.$$

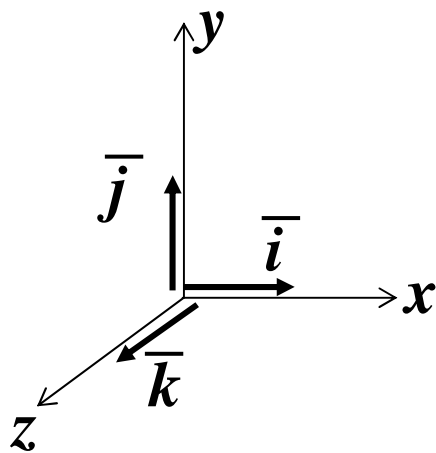
**Уравнение для индукции и напряженности магнитного поля в точке А двухпроводной линии с током  $I$ :**



$$B = \frac{\mu I}{\pi \cdot a}; \quad H = \frac{I}{\pi \cdot a} .$$

**Электростатическое поле  
имеет истоки, так как:**

$$\operatorname{div} \overline{D} = \rho.$$



$\bar{i}, \bar{j}, \bar{k}$  – единичные векторы;

$$\bar{E} = E_x \cdot \bar{i} + E_y \cdot \bar{j} + E_z \cdot \bar{k};$$

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2};$$

$$\text{rot } \bar{E} = \begin{vmatrix} \bar{1}_x & \bar{1}_y & \bar{1}_z \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ E_x & E_y & E_z \end{vmatrix} = \left( \frac{\partial E_z}{\partial y} - \frac{\partial E_y}{\partial z} \right) \cdot \bar{i} +$$

$$+ \left( \frac{\partial E_x}{\partial z} - \frac{\partial E_z}{\partial x} \right) \cdot \bar{j} + \left( \frac{\partial E_y}{\partial x} - \frac{\partial E_x}{\partial y} \right) \cdot \bar{k} = 0;$$

$$\bar{D} = \varepsilon_a \bar{E}; \quad D_{x,y,z} = \varepsilon_a E_{x,y,z};$$

$$\bar{D} = D_x \cdot \bar{i} + D_y \cdot \bar{j} + D_z \cdot \bar{k};$$

$$\operatorname{div} \bar{D} = \frac{\partial D_x}{\partial x} + \frac{\partial D_y}{\partial y} + \frac{\partial D_z}{\partial z} = \rho;$$

$$\bar{E} = -\operatorname{grad}(\varphi) = -\frac{\partial \varphi}{\partial x} \cdot \bar{i} - \frac{\partial \varphi}{\partial y} \cdot \bar{j} - \frac{\partial \varphi}{\partial z} \cdot \bar{k};$$

$$\nabla^2 \varphi = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} = -\frac{\rho}{\varepsilon_a}.$$